

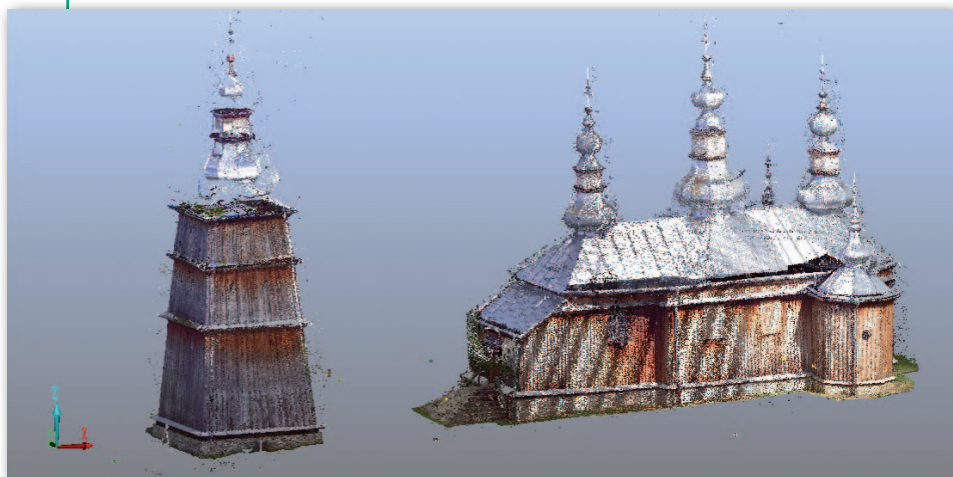
# Bieszczadzkie cerkwie

W wyniku współpracy Wyższej Szkoły Inżynierii i Ekonomicznej w Rzeszowie oraz Politechniki Lwowskiej zrealizowano międzynarodowy projekt pomiaru obiektów sakralnych. Uczestniczyli w nim pracownicy uczelni wraz ze studentami z geodezyjnych kół naukowych.

**N**a podstawie porozumienia obydwu ośrodków akademickich 26 i 27 września zrealizowano pomiary cerkwi na terenie województwa podkarpackiego. Wykorzystano technologię naziemnego skaningu laserowego, która pozwala szybko pozyskać dokładne informacje niezbędne przy rekonstrukcji przez konserwatora zabytków. Zasto-



Skanowanie cerkwi św. Michała Archanioła w miejscowości Turzańsk



Kolorowa chmura złożona z 241 mln punktów – cerkiew w Turzańsku wraz z dzwonnica

sowano skaner laserowy Faro Focus 3D będący własnością rzeszowskiej uczelni. Wcześniej pracownicy Politechniki na terenie Ukrainy zinventaryzowali w ten sposób blisko 65 cerkwi. Do pomiaru w Polsce zostały wybrane dwie świątynie zlokalizowane na podkarpackim Szlaku Architektury Drewnianej wpisane 21 czerwca br. na Listę Światowego Dziedzictwa Kulturowego UNESCO.

**W** pierwszej kolejności pomierzono cerkiew św. Michała Archanioła w miejscowości Turzańsk, niewielkiej wsi w powiecie sanockim, w gminie Komańcza. Jest to wybudowana w latach 1801-03 trójdzielna cerkiew łemkowska z trzema wieżami zwieńczonymi hełmami nad babińcem, nawą i prezbiterium oraz dwiema bocznymi

sygnaturkami z hełmami. Ma 5 kopuł, a dodatkowo zachowała się wolno stojąca drewniana dzwonnica (najwyższa tego typu w Polsce).

Podczas prac wykonano skany na 7 stanowiskach na zewnątrz obiektu i 6 wewnątrz. W celu uchwycenia wszystkich szczegółów budynku wykonywano skanowanie w pełnym zakresie pracy skanera (360° w poziomie x 305° w pionie). Aby monochromatycznej chmurze punktów nadać barwy naturalne, wykorzystano wbudowaną w skaner kamerę cyfrową, która wykonywała 85 zdjęć na każdym stanowisku. Rozdzielczość skanowania dobierano w zależności od odległości urządzenia od mierzonego obiektu.

Na stanowiskach zewnętrznych wykonano skanowanie z rozdzielczością

6 mm/10 m, co oznacza, że dla celowych o długości 10 metrów wiersze i kolumny chmury punktów będą oddalone od siebie o 6 milimetrów. Jest to 1/4 możliwości technologicznych użytego skanera (maks. rozdzielczość to 1,5 mm/10 m). Przy takich parametrach skanowania z pojedynczego stanowiska otrzymano chmurę 10 256 x 4268 punktów, która została pomierzona z prędkością 122 tys. punktów na sekundę.

Wewnątrz obiektu celowe były dużo krótsze, a niektóre elementy wyposażenia zeskanowano z kilku stanowisk, co pozwoliło na zmniejszenie rozdzielczości do 1/10 maksymalnej wartości, czyli do 15 mm/10 m. W efekcie czas skanowania na pojedynczym stanowisku uległ znacznemu skróceniu i można było wykonać więcej pomiarów, redukując do minimum efekt „cieni”. Każdy skan pozwalał na uzyskanie chmury 4102 x 4268 punktów mierzonej z prędkością około 145 tys. punktów na sekundę. W efekcie prac pozyskano chmurę złożoną z 241 mln kolorowych punktów (rys. powyżej).

**D**rugim obiektem pomiarów była cerkiew św. Michała Archanioła w Smolniku, wsi położonej w powiecie bieszczadzkiem, w gminie Lutowiska, nad rzeką San. Wybudowana w 1791 r. cerkiew reprezentuje typ bojkowski. Jest trójdzielna, z nawą, prezbiterium i przedsionkiem równej wysoko-



Cerkiew św. Michała Archaniola w Smolniku ze względu na ruch turystyczny i konstrukcję dachu skanowano w trzech etapach

ci, ale nierównej szerokości – nawa jest wyraźnie większa. Wszystkie części budynku wieńczą cebulaste kopułki z krzyżami na szczycie namiotowych dachów, które w całości są pokryte gontem.

Z uwagi na to, że obiekt cieszy się dużą popularnością wśród turystów, pomiar podzielono na trzy etapy. Pierwszym z nich było skanowanie laserowe wnętrza. Wykonano skany na 7 stanowiskach z rozdzielczością 12 mm/10 m (1/8 możliwości sprzętu). W kolejnym etapie wykonano pomiary całego obiektu z 8 stanowisk w taki sposób, aby pozyskać jak najwięcej informacji i szczegółów z dachu. Jego kształt oraz spore zadrzewienie utrudniały pomiary. Parametry wykorzystane na tym etapie prac były identyczne jak podczas pomiaru cerkwi w Turzańsku. W celu prawidłowego pozyskania informacji wykonano jeden dodatkowy pomiar. Skaner usytuowano w odległości 22 m od obiektu. Wymagało to zwiększenia parametrów skanowania do rozdzielczości 3 mm/10 m (1/2 możliwości skanera), co wiąże się z dłuższym czasem wykonania pomiaru, dlatego zakres skanowania zmniejszono do 52 stopni. Ostatnim etapem prac było wykonanie 5 skanów poddaszy, co wy-

kało z konstrukcji dachu. Rozdzielczość zmniejszono do 15 mm/10 m (1/10 możliwości sprzętu). Wszystkie skany zostały wykonane wraz z kolorowymi zdjęciami z wbudowanej kamery cyfrowej. W efekcie uzyskano 503 mln punktów (przykładowe chmury na ilustracjach poniżej).

**O**pracowanie pozyskanych materiałów odbyło się w programie Faro Scene. Do wpasowania chmur punktów w jeden wspólny, lokalny układ współrzędnych wykorzystano 10 kul referencyjnych o średnicy 145 mm oraz około 20 tarcz o trzech różnych wielkościach. Tarcze mogą być użyte przy większych odległościach, dlatego doskonale spisywały się podczas prac na zewnątrz. Dla przykładu przy skanowaniu z rozdzielczością 6 mm/10 m oprogramowanie interpoluje automatycznie środek tarczy nawet z odległości 33 metrów, natomiast środek kuli maksymalnie z odległości 27 metrów. Przy mniejszych rozdzielczościach skanowania obiekty referencyjne muszą znajdować się odpowiednio bliżej. Dzięki zastosowaniu obu ich rodzajów uzyskano wysoką dokładność danych. Do połączenia dwóch chmur punktów wymagane są co

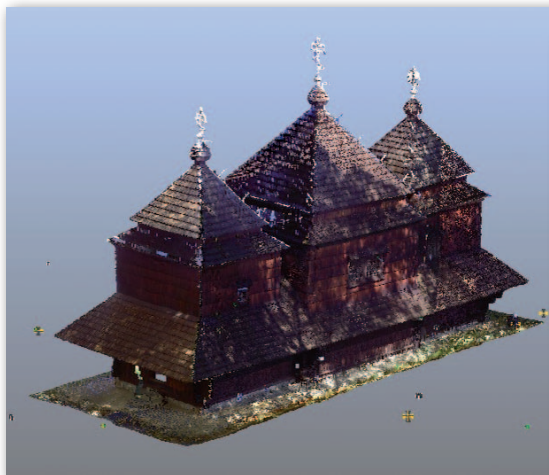
najmniej 2 punkty wspólne (trzecią informacją o położeniu chmur punktów są dane z precyzyjnego inklinometru wbudowanego w skaner). Aby zwiększyć dokładność, pomiary wykonano w taki sposób, aby na wszystkich skanach było co najmniej 5 punktów dopasowania. Ze względu na gęstość danych pomiarowych i ich dokładność średni błąd wpasowania chmur punktów względem siebie wyniósł około 2 mm.

Po wykonaniu tego etapu prac należało jeszcze oczyścić chmurę punktów ze zbędnych informacji. Ostatecznie uzyskano bardzo dokładną chmurę kolorowych punktów, która tworzy model cerkwi. Takie dane można wykorzystać np. w programach do projektowania 3D oraz typu CAD. Dzięki takiemu modelowi możemy uzyskać informację o wymiarach obiektów, niezwykle cenną m.in. dla konserwatorów zabytków, albo stworzyć multimedialną wizualizację 3D obiektu i udostępnić ją na portalu internetowym.

**Rafał Antosz, Monika Balawejder  
Przemysław Leń**

WSI-E w Rzeszowie,  
Marek Cisek

Geogrunt s.c. Rzeszów,  
Lurii Golubinka, Oleksandr Zayats  
Politechnika Lwowska



Model cerkwi w Smolniku utworzony przez 503 mln kolorowych punktów

